

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАСЧЕТНЫХ SIMULINK-МОДЕЛЕЙ ТЕПЛОВЫХ СХЕМ ТЭС С ГРАФИЧЕСКИМ ИНТЕРФЕЙСОМ GUI MATLAB

### Аннотация

*В рамках данной работы был создан собственный графический интерфейс пользователя в среде разработки GUIDE MATLAB для обеспечения удобства расчета тепловых схем тепловых электрических станций, и, в частности, отдельных элементов тепловой схемы (теплоэнергетического оборудования). В работе рассмотрены алгоритмы взаимодействия собственного графического интерфейса с файлами моделей тепловых схем ТЭС, разрабатываемых в среде Simulink. Представлены основные команды, внутренние переменные и функции для обеспечения удобства работы пользователя при расчете тепловых схем. Рассмотрены основные элементы графического интерфейса, которые позволяют вводить необходимые параметры для расчета, данные о модели, а также выводить полученные результаты расчетов. Были протестированы рассмотренные в работе возможности графического интерфейса. Сделаны выводы о важности и необходимости данной разработки.*

**Ключевые слова:** *тепловая схема ТЭС; графический интерфейс пользователя; GUIDE; Simulink; автоматизированный расчет; моделирование.*

### Abstract

*As part of this work, we created our own graphical user interface in the GUIDE MATLAB development environment to provide convenience for calculating thermal schemes of thermal power plants, and in particular, individual elements of the thermal scheme (heat and power equipment). The paper discusses the interaction algorithms of its own graphical interface with the files of thermal scheme models of TPPs developed in the Simulink environment. Presents the basic commands, internal variables and functions to ensure user convenience when calculating thermal schemes. The main elements of the graphical interface that allow you to enter the necessary parameters for the calculation, data on the model, as well as display the results of calculations are considered. The features of the graphical interface considered in the work were tested. Conclusions about the importance and necessity of this development.*

**Key words:** *thermal scheme of TPP; graphical user interface; GUIDE; Simulink; automated calculation; modeling.*

Автоматизация расчета тепловых схем ТЭС в наше время является основной задачей при поиске максимально эффективных решений в теплоэнергетике. Преимущественно, созданный собственный графический интерфейс позволяет выполнять расчет тепловых схем ТЭС пользователям с различными уровнями подготовки и квалификации.

Для обеспечения расчета термодинамических параметров в блоках элементов тепловой схемы ранее была создана собственная программа Water-Steam Calculator [1] с динамически подключаемой библиотекой свойств воды и водяного пара на основе формуляции IAPWS-IF97 [2]. Данная библиотека

является основой для автоматизации такого типа расчетов. Ее некоторые функции были представлены ранее на конференции [3].

При модернизации разрабатываемого продукта для возможности работы с программой и проведения расчета тепловых схем для пользователей с различным уровнем профессиональной подготовки было принято решение о создании графического интерфейса в среде GUIDE MATLAB [4] и обеспечении его взаимодействия с Simulink [5]. Главное окно интерфейса представлено на рисунке 1.

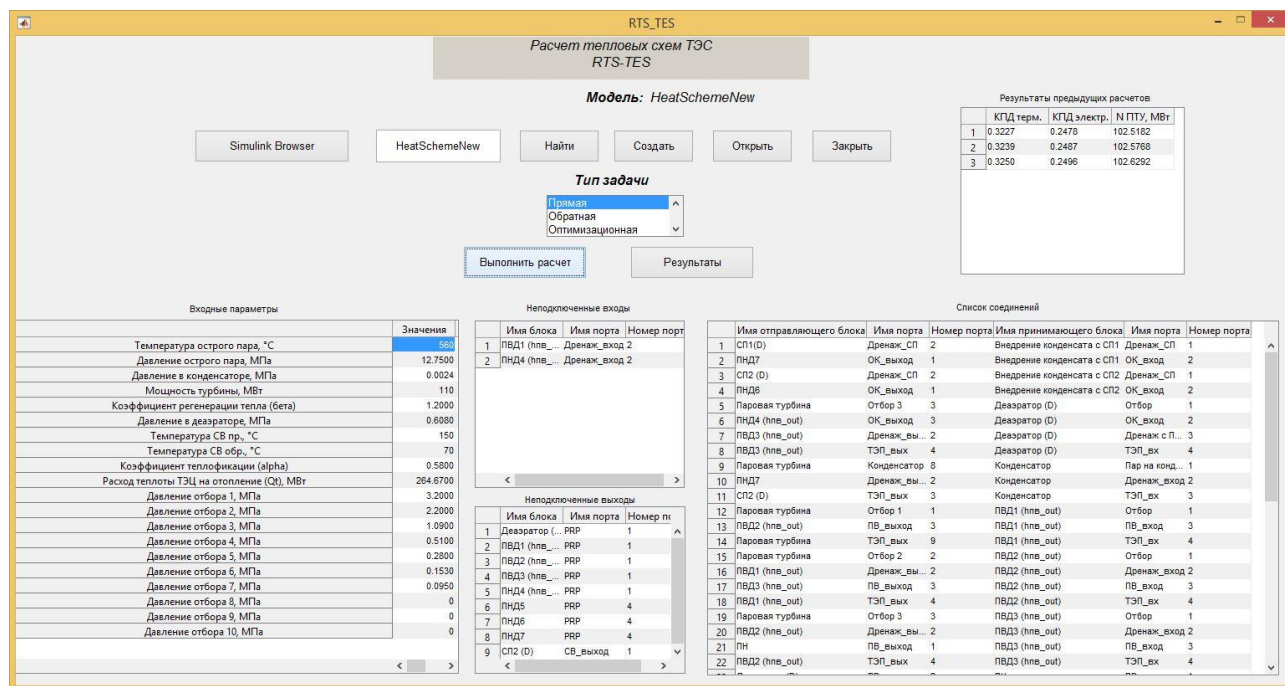


Рис. 1. Главное окно интерфейса

Для начала моделирования пользователю необходимо либо найти модель, либо создать новую, либо открыть ее из существующего файла с разрешением \*.slx или \*.mdl. Все данные операции осуществляются по нажатию одноименных кнопок. Название модели указывается в редактируемом текстовом поле edit.

После нажатия одной из этих кнопок происходит проверка заполненности поля с именем модели, а также проверяется существование внутренней переменной «handles.MN», которой присваивается имя открытой модели. Если хотя бы одно из условий (заполненность поля с именем модели и отсутствие открытой модели во внутренней переменной «handles.MN») не выполняется, то программа не позволит открыть/создать модель, а отобразит ошибку.

Другая возможная ситуация – когда пользователь вводит в редактируемое поле название уже имеющейся модели. В таком случае, интерфейс уведомит его о существовании данной модели и предложит открыть ее.

Кнопка «открыть» вызывает диалоговое окно для выбора и открытия файла с указанными ранее возможными разрешениями файлов моделей (рис. 2).

После открытия, либо создания модели, пользователю необходимо ввести исходные данные для расчета. Например, для расчета цикла ПТУ необходимо указать: параметры острого пара (начальные температуру и давление), давления

отборов, давление в конденсаторе, мощность турбины, коэффициент регенерации тепла, давление в деаэраторе. Если же необходимо нагревать сетевую воду для внешних потребителей, то необходимо указать данные для сетевой подогревательной установки.

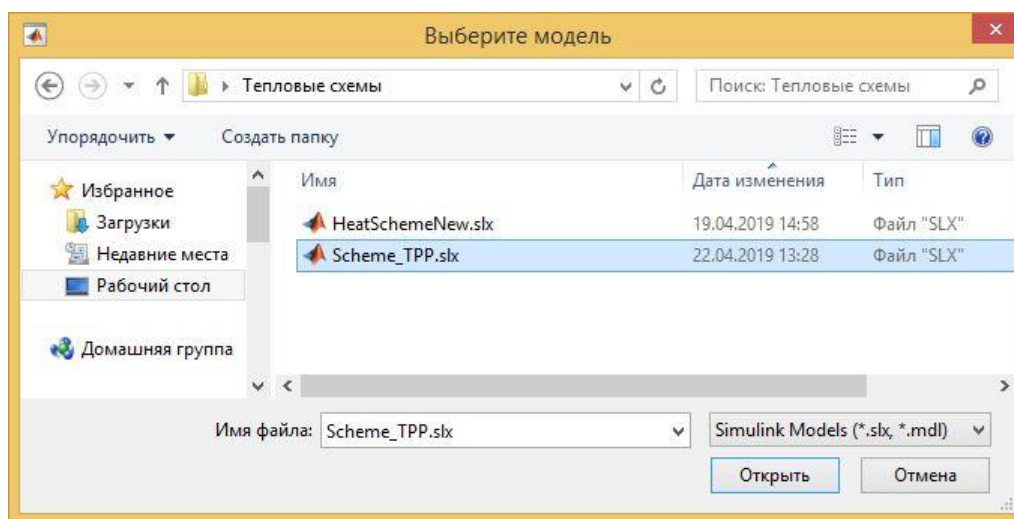


Рис. 2. Диалоговое окно открытия модели тепловой схемы

Пользователю, также, необходимо быстро и просто открывать библиотеку с имеющимися блоками элементов тепловой схемы. Для этого была предусмотрена кнопка по открытию Simulink Browser, в котором и внедрена скриптом данная библиотека «HS\_lib» (рисунок 3). Пользователю остается перетащить необходимые блоки в свою модель и соединить их между собой.

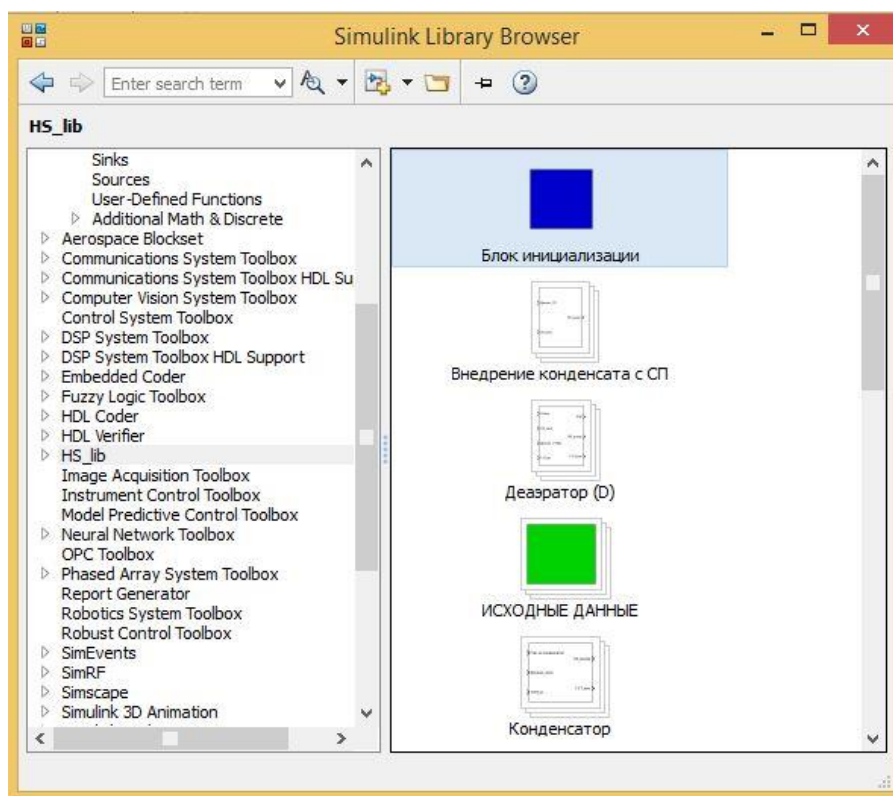


Рис. 3. Библиотека элементов тепловой схемы «HS\_lib» в Simulink Browser

В модели обязательным условием для успешного расчета тепловой схемы является присутствие блока инициализации (инициализирует собственную библиотеку \*.dll в модель), блоков исходных данных и технико-экономических показателей (ТЭП).

После построения модели запускается соответствующей кнопкой выполнение расчета. На главном окне интерфейса появляются таблицы о неподключенных входах и выходах у блоков. Отображается таблица соединений с указанием названий отправляющего/принимающего блоков, имен входов/выходов и их порядковых номеров.

Результаты расчетов (основные показатели) отображаются в таблице графического интерфейса. Основными показателями для определения эффективности тепловой схемы ТЭС являются термический КПД, электрический КПД и мощность ПТУ. Эти данные передаются из модели Simulink через блок «To Workspace» в собственную переменную MATLAB «ТЕР\_sim», из которой и считываются графическим интерфейсом. Таким образом, взаимодействие графического интерфейса GUI и среды Simulink осуществляется через создаваемые переменные. Также, предусмотрен принцип накопления расчетов скриптом – все полученные новые результаты отображаются строкой ниже, не стирая предыдущие значения.

Благодаря автоматизированному расчету, а в частности, – собственному графическому интерфейсу, специалисты в теплоэнергетической области имеют возможность быстро, без множества рутинных операций, определять эффективность той или иной тепловой схемы ТЭС, отслеживая все результаты и взаимодействуя с моделью на понятном и доступном уровне.

### **Список использованных источников**

1. Water-Steam Calculator: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ / П.Ю. Худяков, А.Ю. Кисельников, Е.С. Селезнев. — №2018613649; дата регистрации 21.03.2018 г.

2. Revised Release on the IAPWS Industrial Formulation 1997 // The International Association for the Properties of Water and Steam [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.iapws.org/relguide/IF97-Rev.pdf> (дата обращения: 15.03.2018).

3. Селезнев Е.С., Худяков П.Ю. Третья научно-техническая конференция молодых ученых Уральского Энергетического Института // Сравнительный анализ полученных значений параметров воды и водяного пара на основе формуляции IAPWS-IF97 в программе Water-Steam Calculator. Екатеринбург. 2018. С. 36–37.

4. MathWorks. MATLAB GUI - MATLAB & Simulink [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.mathworks.com/discovery/matlab-gui.html> (дата обращения: 18.02.2019).

5. Matlab. Simulink-моделирование и симуляция динамических систем для Simulink [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://matlab.ru/products/Simulink> (дата обращения: 11.10.2018).

УДК 004.85/621.3

**А. А. Сираев, В. Ю. Носков**

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

## **РЕАЛИЗАЦИЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОХОЖДЕНИЯ ЗВУКОВЫХ ВОЛН ЧЕРЕЗ СЫПУЧИЕ МАТЕРИАЛЫ**

### **Аннотация**

*Рассмотрена задача определения весовой влажности сыпучих материалов акустическим методом. Экспериментально реализована и исследована установка на основе программируемых микроконтроллеров.*

**Ключевые слова:** микроконтроллеры, определение влажности сыпучего материала, линейные модели машинного обучения.

### **Abstract**

*This article considers the problem of measurement the weight humidity of bulk materials by acoustic method. The device consisting of programmable microcontrollers was developed and tested for this purpose.*

**Key words:** microcontrollers, measurement of the moisture content in bulk materials, machine learning linear models.

### **Введение**

Ультразвуковые волны широко используют в молекулярной акустике для исследования акустическими методами строения и свойств вещества. В частности, разные особенности распространения звуковых волн в жидкостях, твердых телах и газах позволяют использовать звуковые волны для определения влажности сыпучих материалов.

Работа посвящена разработке и исследованию установки на микроконтроллерах в задаче определения влажности. Основными функциями установки являются генерирование и сбор звукового сигнала с частотами 1 - 64 кГц. На основе собранных данных была построена модель определения влажности сыпучих материалов, которая в дальнейшем может быть интегрирована непосредственно в саму установку.

### **1. Реализация и принцип работы установки**

Звуковые волны, при прохождении через породу, влагу и воздух, поглощаются и теряют скорость и энергию. Например, высокочастотный звуковой сигнал сильно поглощается при нулевой влажности и в меньшей степени поглощается в материале с высокой влажностью. Это объясняется тем, что высушенный сыпучий материал представляет собой множество маленьких кусочков этого материала с воздухом, заполняющим пространство между ними